

# Was ist Quantum Computing ?

Klaus Ensslin

**ETH**

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Waren Sie schon gleichzeitig an zwei Orten,  
zum Beispiel in Zurich und Winterthur?



Winterthur Technopark



Klaus Ensslin, 4.4.2023

# Klassischer Computer

Information ist in Einheiten von bits gespeichert:  
(0) und (1)

Vergleich **Dezimal-System** – **Binärsystem:**

**0** – **0**

**1** – **1**

$$\mathbf{2} = 2 \cdot 10^0 - \mathbf{1} \cdot 2^1 + \mathbf{0} \cdot 2^0$$

$$\mathbf{3} = 3 \cdot 10^0 - \mathbf{1} \cdot 2^1 + \mathbf{1} \cdot 2^0$$

---

## Quanten-Computer

Information ist in Einheiten von qubits gespeichert:

**gleichzeitig** (0) und (1) Klaus Ensslin, 4.4.2023

# Klassischer Computer

**Bits:**

**Entweder (0) oder (1)**

**Seriell: addiert eine Nummer nach der anderen**

**Inkohärent, keine Interferenz (Billard-Kugeln)**

---

# Quanten-Computer

**Qubits:**

**Sowohl (0) als auch (1)**

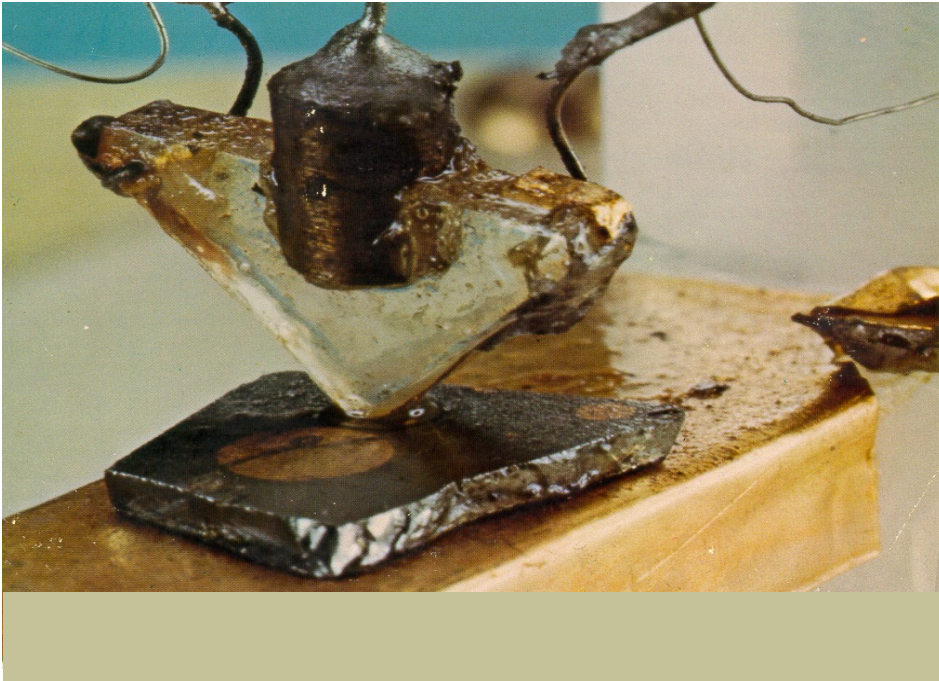
**Parallel: verarbeitet Daten gleichzeitig**

**Kohärent, Überlagerung (Wasserwellen)**



# Schalten im Computer

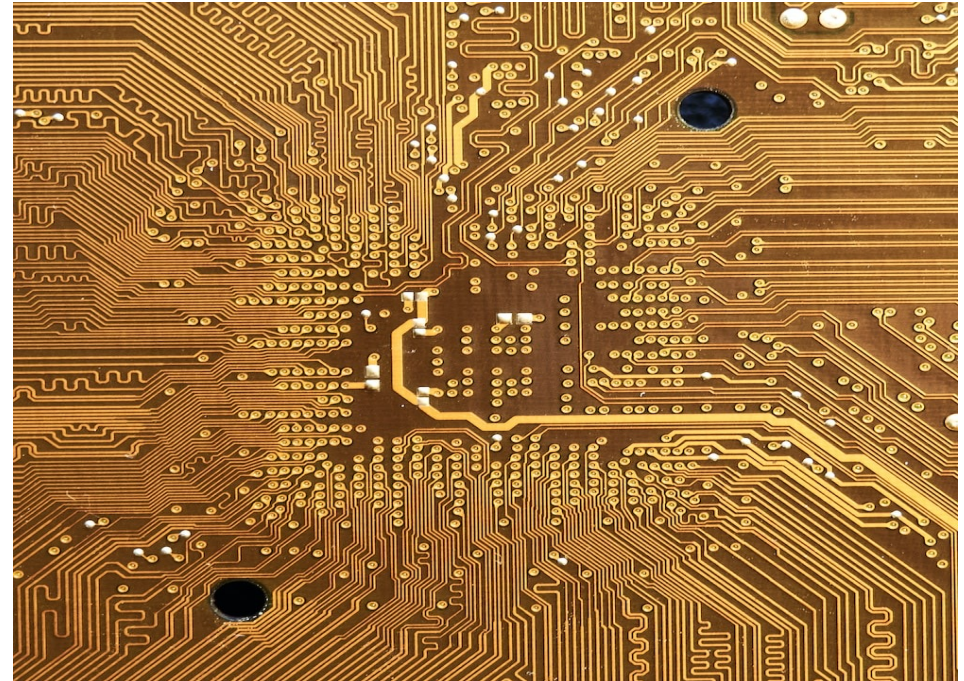
## 1. Transistor



1948

Winterthur Technopark

## typischer Computer Chip



ca. 2023

Klaus Ensslin, 4.4.2023

**ETH** zürich

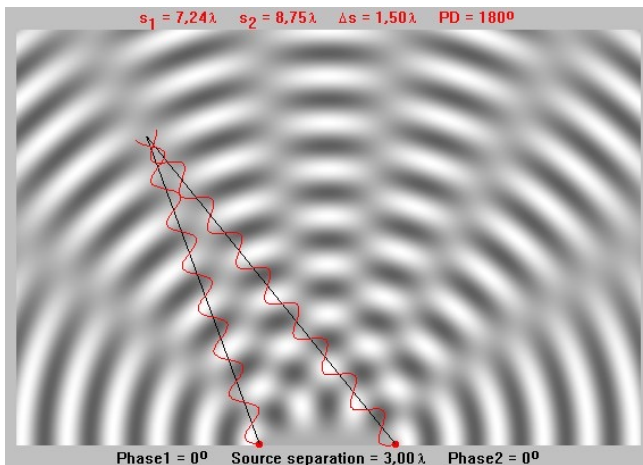
$$i\hbar \frac{\partial \Psi(x, t)}{\partial t} = \hat{H} \Psi(x, t)$$

Schrödinger Gleichung, 1926  
-> Quanten-Technologie

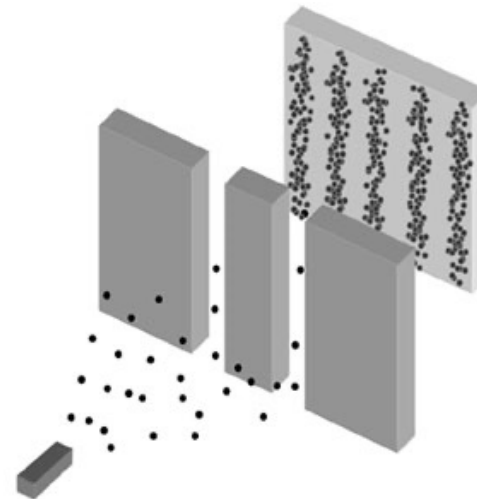
made in Switzerland

# Quanten-Technologie

## Beispiel: Interferenz von Materie-Wellen



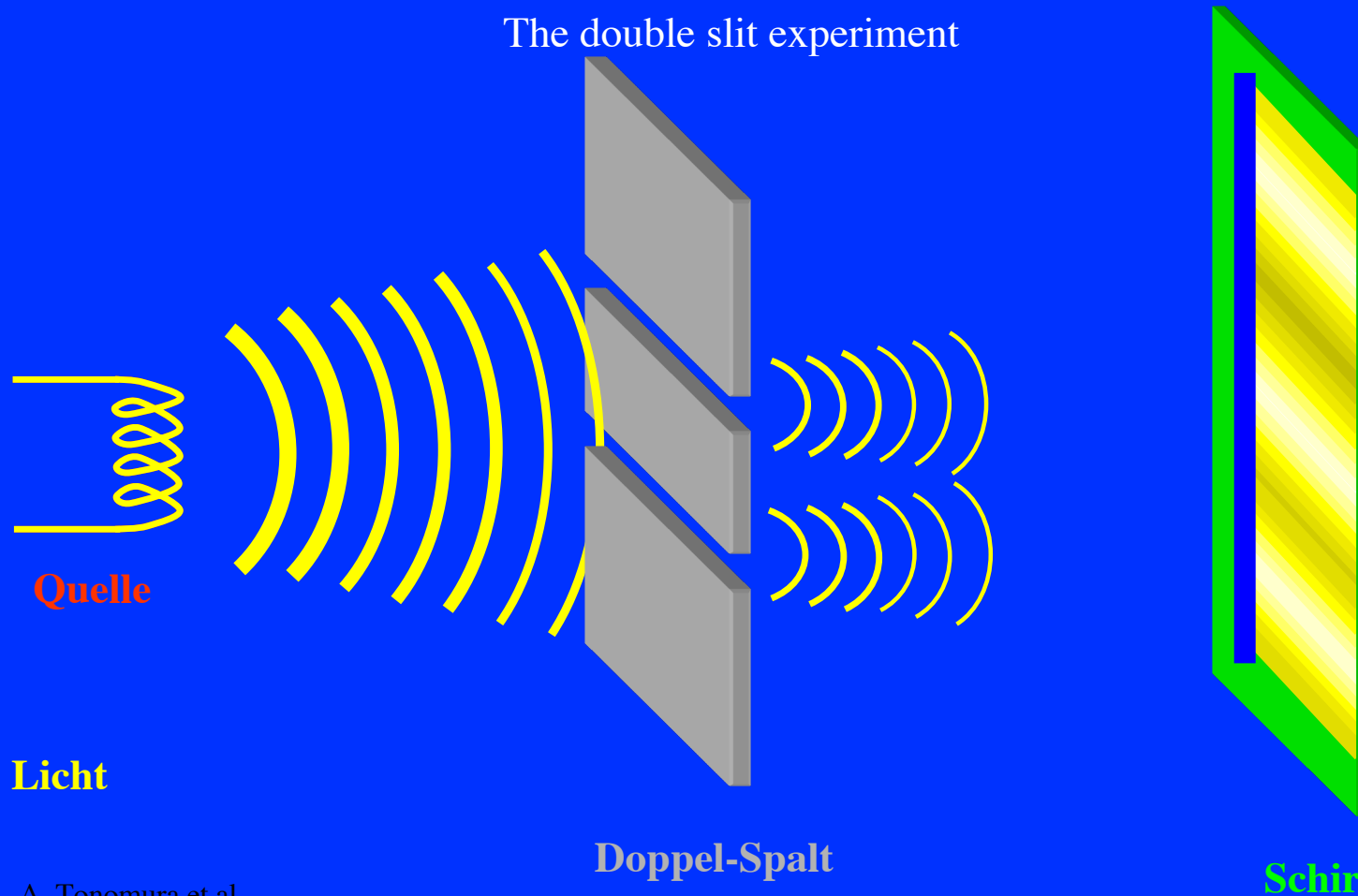
Zwei Steine werden ins Wasser  
geworfen:  
Interferenz von Wasserwellen



Teilchen durch  
einen Doppelspalt

# Waves

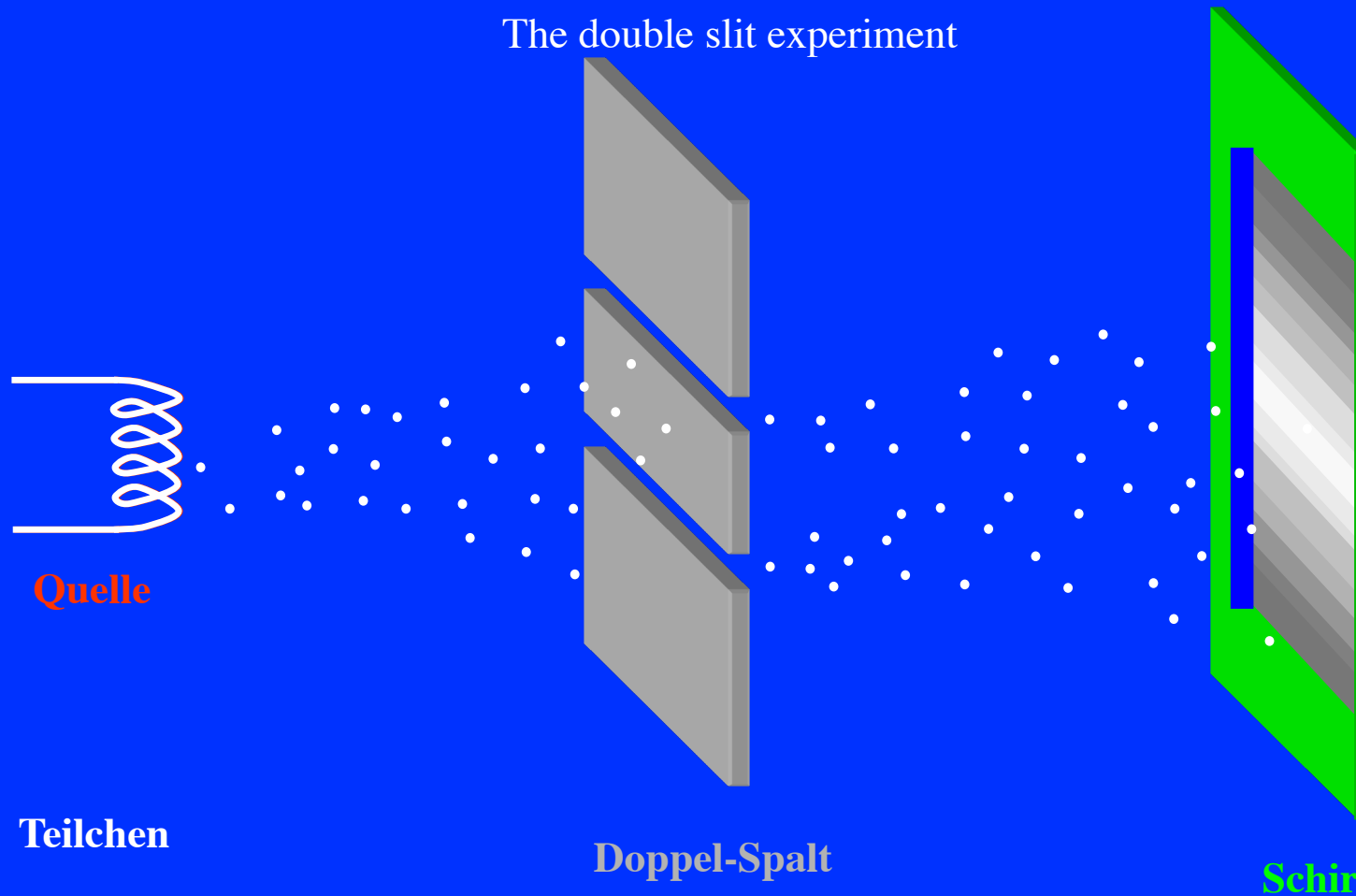
The double slit experiment





# Waves

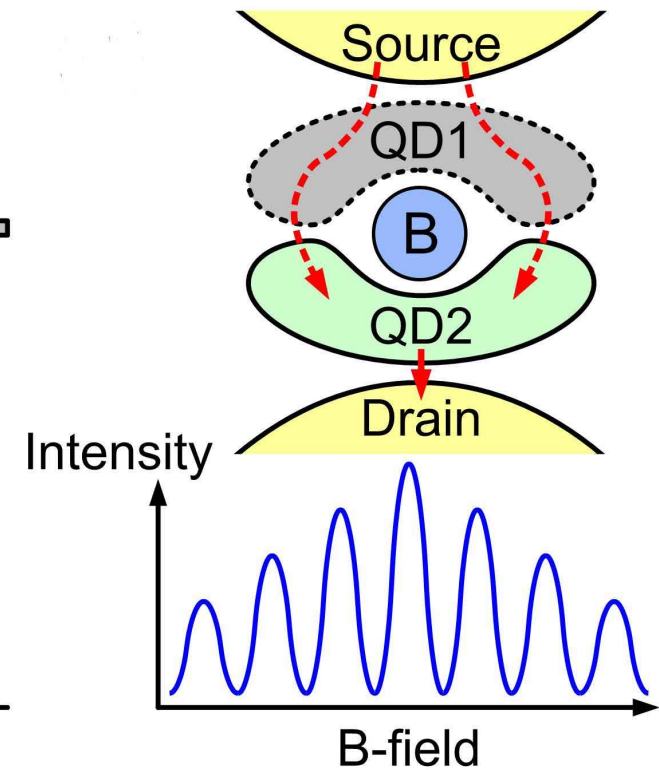
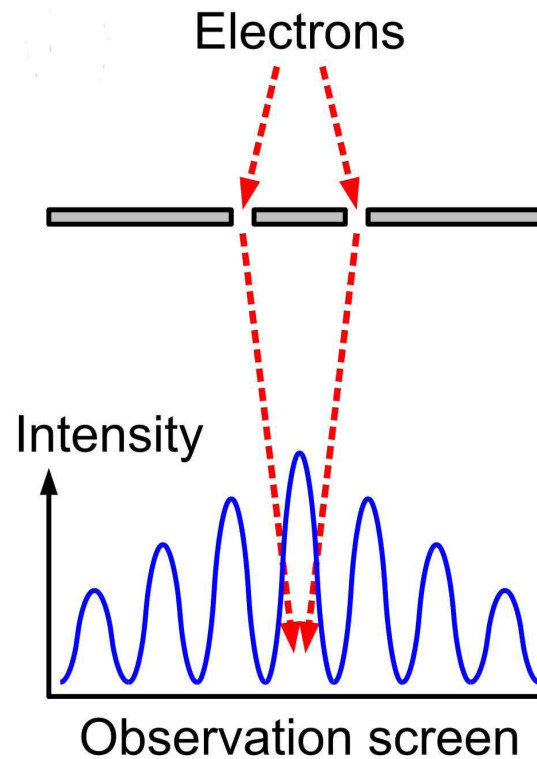
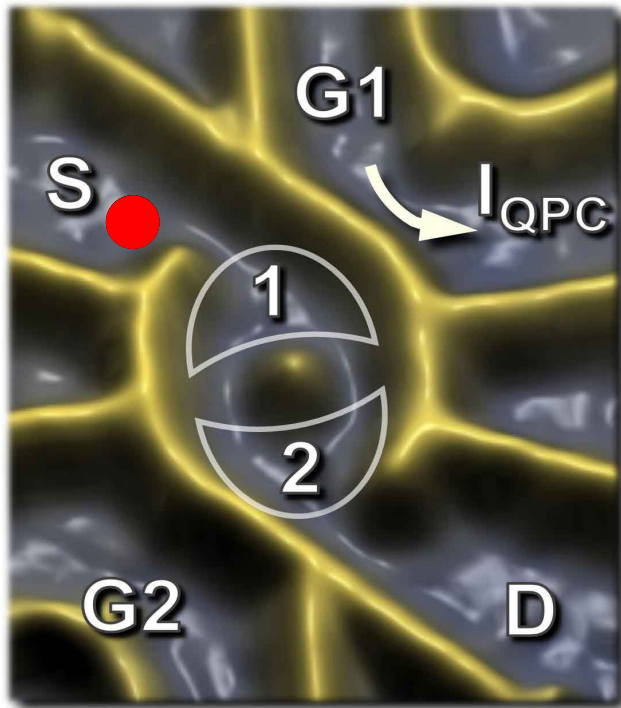
The double slit experiment





Jedes Teilchen ist durch  
beide Spalte  
**GLEICHZEITIG**  
gelaufen

# Interference on a semiconductor chip

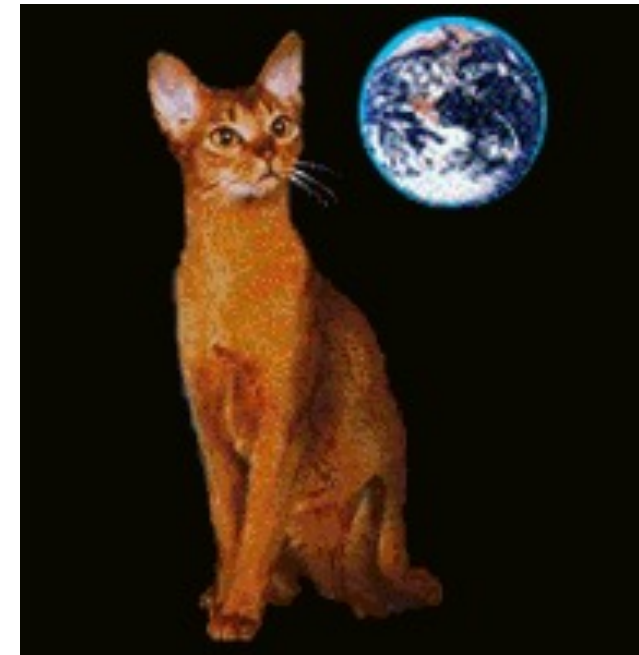


# Quanten-Computer

Ein quantenmechanischer Zustand  
ist in (0) und (1)  
- bis er gemessen wird

Beispiel: Schrödingers Katze

Katze mit Sprengstoff in einem  
Koffer, gezündet wird durch einen  
radioaktiven Zerfall



# Quanten-Computer

Wozu soll das gut sein?

Primfaktor-Zerlegung

$$15 = 5 \times 3$$

$$51 = 17 \times 3$$

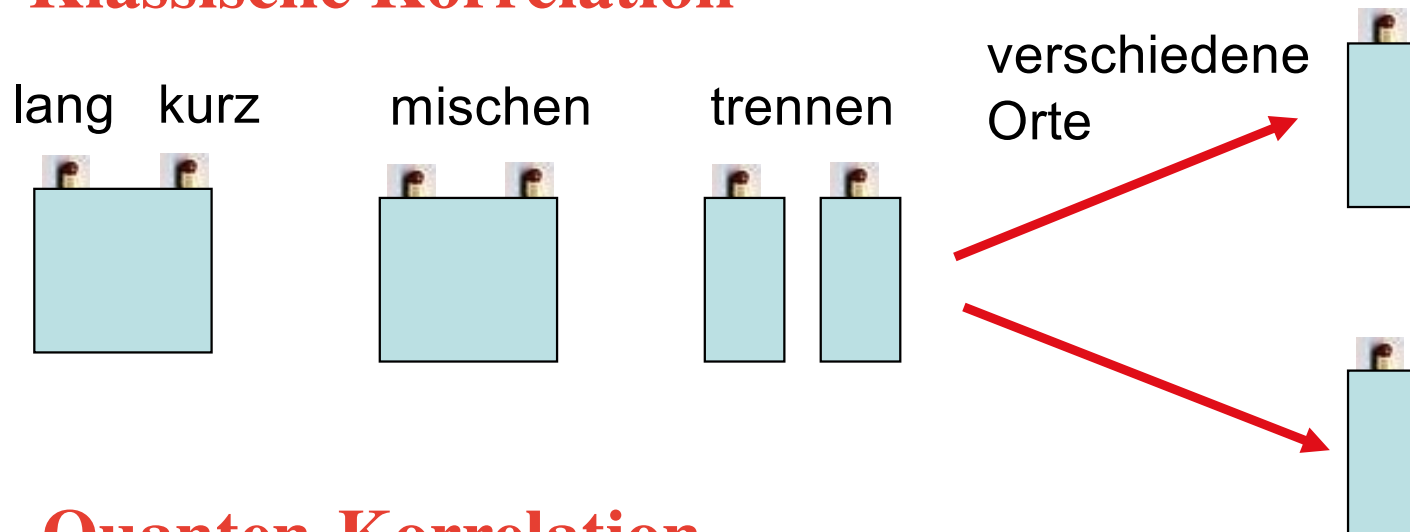
$$1053 = ??????????$$

Primfaktor-Zerlegung wird seriell gelöst,  
eine-Zahl-nach-der-anderen

Schwierig für einen herkömmlichen Computer !!!!!

Einfach für einen Quanten-Computer, parallel !!

## Klassische Korrelation



## Quanten-Korrelation

Ist wesentlich stärker und kann gemessen werden

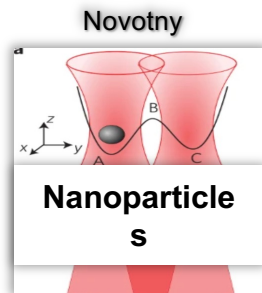
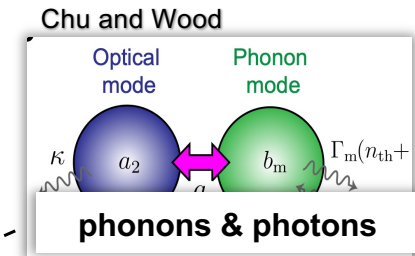
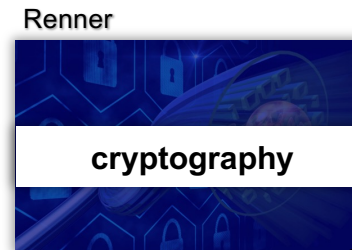
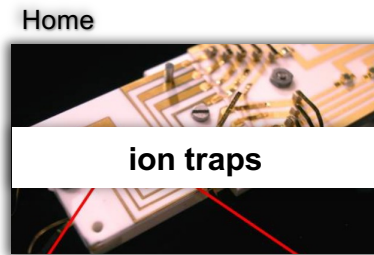
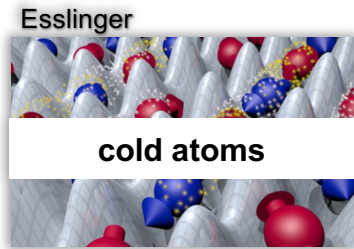
Anwendung: Quanten-Kryptographie, Daten-Verschlüsselung



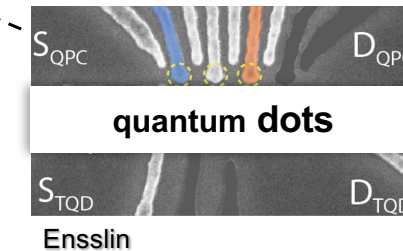
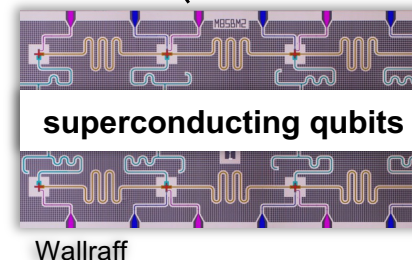
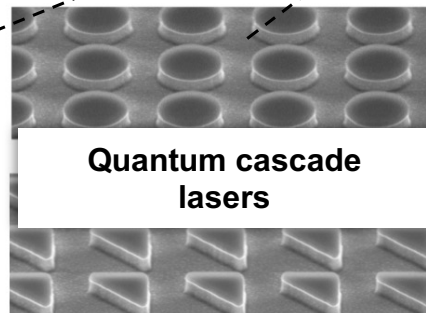
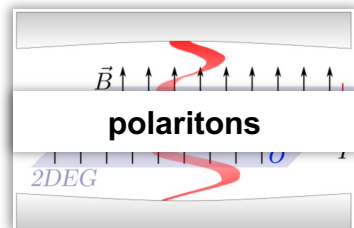
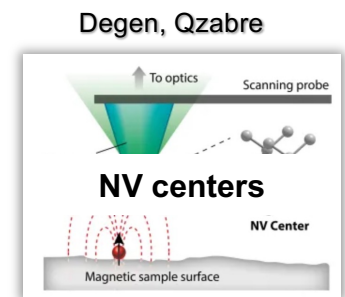
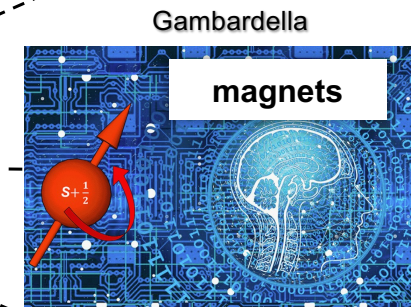
# Zukunft der Quanten-Technologie

Quantum Computing	bisher unlösbare Probleme lösen, Beispiel Düngerherstellung
Quantum Sensing	Ultra-empfindliche Sensoren, Beispiel Navigation in Räumen
Quantum Cryptography	Sichere Datenübertragung (mathematisch bewiesen)
Quantum Simulation	Simuliere ein Quantensysteme mit einem anderen kontrollierten Quantensystem

# Quantenforschung der ETH Zürich



- Über 40 Forschungsgruppen
- ca. 200 Studierende  
Doktorierende
- MSc «Quantum Engineering»

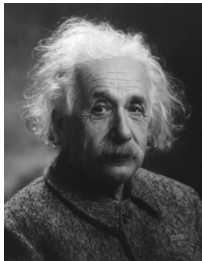


# Aussagen über Quantenmechanik



Erwin Schrödinger:

“Ich mag es nicht, und es ist mir unangenehm, dass ich jemals etwas damit zu tun hatte.”



Albert Einstein:

“Wunderbar, welche Ideen die jungen Leute heutzutage haben. Aber ich glaube kein Wort davon.”



Richard Feynman:

“Ich denke, dass man mit Sicherheit sagen kann, dass niemand die Quantenmechanik versteht.”

# Viel Spass mit der Physik



Winterthur Technopark

„Das Erstaunlichste an der Welt ist, dass man sie verstehen kann.“

Klaus Ensslin, 4.4.2023

**ETH** zürich